

床版・橋面工CIMシステム（CIM-SLAB）の開発（その1）

Development of CIM System for Floor Slab/Bridge Surface Work (CIM-SLAB) (1)



神野 夢希*¹
Yumeki KAMINO



吉元 大介*²
Daisuke YOSHIMOTO



飯野 元*³
Hajime IINO



竹内 颯*¹
Soh TAKEUCHI

要 旨

近年の鋼上部工工事は鋼桁とコンクリート系床版がセットで発注されており、経験の浅い若手技術者が、その対応（設計照査等）に苦慮している。そこで床版や橋面工の3次元モデルを容易に作成可能な「床版・橋面工CIMシステム」を開発することにした。本書では昨年度完成した壁高欄CIMシステムを中心に、CIM-SLABの全体概要と実橋での検証結果などを交え概説する。

キーワード：i-Construction, BIM/CIM, 3次元モデル, 建設DX, 生産性向上, システム開発, 技術継承

1. はじめに

近年、社会や業界を取り巻く環境は急速に変化している。超高度情報化社会の実現に向けたSociety5.0の提唱を受け、国土交通省では2016年度からi-Constructionやその手段としてのBIM/CIMを建設業界に推進してきた。今ではBIM/CIMも浸透し、鋼橋上部工においては2022年度から全ての直轄工事において原則義務化されるまで身近になっている。

一方、最近の鋼上部工工事は鋼桁とコンクリート系床版がセットで発注されており、経験の浅い若手技術者が、その対応（設計照査等）に苦慮している。そこで、床版や壁高欄の鉄筋間隔・径などの設計情報をインプットすることで、床版や橋面工の3次元モデルを容易に作成可能な「床版・橋面工CIMシステム」（以降、CIM-SLABと呼ぶ）を開発することにした。開発計画は次の2段階とし、まずは、道路橋には必然としてある壁高欄の3次元モデルを作成する「壁高欄CIMシステム（STEP-1）」、その後、床版形式別の3次元モデルを作成する「床版CIMシステム（STEP-2）」として進めることにした。

本稿では昨年度完成した壁高欄CIMシステムを中心に、CIM-SLABの全体概要と実橋での検証結果などを交え、概説する。

本編に入る前に、当社のCIMシステム開発構想におけるCIM-SLABの位置づけを述べておきたい。

2. CIMシステム開発構想

当社では10年前からBIM/CIMに関連したシステム開発を行い段階的に業務の効率化を図ってきた（表-1）。第一弾として、2014年に設計図面上に3次元モデルを自動作成するシステム「Click3D（特許第5806423号、NETIS：KT-14116-VE）（図-1）を開発した。Click3Dは上部工本体に限らず、付属物や下部工を含めた橋梁を構成するすべての部品の3次元モデルを作成することが可能な汎用性の高いシステムである。

表-1 CIMシステム開発構想

第1弾	Click3D (2014年完成)	汎用型 CIM システム
第2弾	CIM-GIRDER (2020年完成)	桁橋専用 CIM システム
第3弾	CIM-SLAB	床版・橋面工専用 CIM システム STEP1 壁高欄 CIM(今回) STEP2 床版 CIM

第二弾として、発注量の多い鉸桁・箱桁に特化した桁橋専用システム「CIM-GIRDER（NETIS：KK-200014-A）」（図-2）を開発した。CIM-GIRDERは、実績豊富な鋼橋上部工の自動設計・製図システムの流れ（線形～設計～製図）を踏襲したCIMモデル作成システムであり、「Click3D」に比べ圧倒的に早く効率的にCIMモデルの作成が可能である。

*¹ 技術本部技術開発部技術開発グループ

*² 技術本部技術開発部長

*³ 技術本部設計部設計第2グループサブリーダー

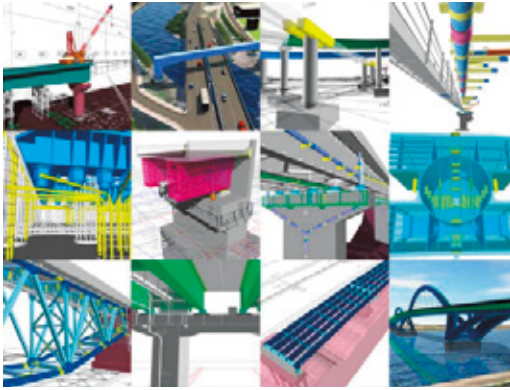


図-1 Click3Dの事例

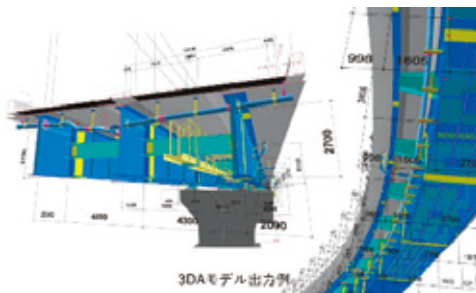


図-2 CIM-GIRDERの事例

3. CIM-SLABの概要

CIM-SLABは設計業務の効率化を目的とした床版・橋面工のCIMモデルを作成するシステムである。ここではSTEP-1の壁高欄CIMシステムとSTEP-2の床版CIMシステムが共通するCIM-SLAB全体の開発コンセプトを記す。

(1) CIMモデルによる設計照査業務の効率化

設計業務において上部工本体・付属物の3次元モデルによる照査（干渉チェック等）は進んでいるが、床版・橋面工については特別な場合を除き、従来どおりの2次元図面で行っている。そこで、上部工本体・付属物と同様な3次元モデル作成に加え、鉄筋の径や材質等の属性をモデルに埋め込み、属性ごとの色別や表示・非表示などによって可視化する機能を有することで、CIMモデルの特性を活かした業務の効率化を目指すことにした。

(2) 設計業務プロセスの変革

詳細設計工事におけるコンクリート系床版の設計図面作成までのプロセスは、各種2次元の図面作成（床版・壁高欄・橋面設備等）、ベテラン技術者による設計照査・干渉チェック、問題箇所の2次元図面と数量の変更の順に行われている。特に橋面設備（照明柱や電気設備等）

は設計情報を入手するタイミングが遅れることが多い為、再度このプロセスを繰り返すことになり、効率が悪く、また経験を有する。そこでCIM-SLABの開発を機に、橋面設備を含む設計情報を入手後、3次元モデルを先に作成し、3次元モデル上で干渉チェックや設計照査を行った上で自動処理により2次元図面や鉄筋加工図を作成する機能を加えることにした。この業務プロセスが浸透してくれば、図-3のように、設計技術者の負担軽減につながると考えている。

(3) アノテーション機能による技術継承

システム入力画面にアノテーション機能（設計上の注意点などを記録する）を組み込むことで、使用実績が増えるごとにシステム自体が持続的に成長する仕組みを構築する。これにより若手技術者の経験不足を補い、技術の継承につながることを期待している。

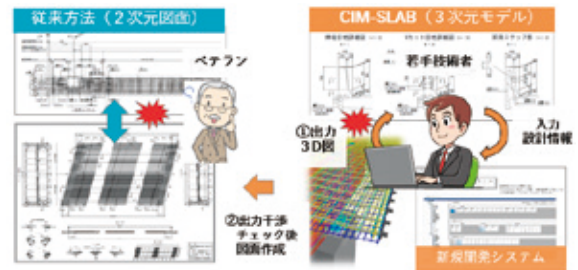


図-3 設計業務プロセスの変革イメージ

4. 壁高欄CIMシステムの開発

ここでは先行して開発したSTEP-1の壁高欄CIMシステムについて詳しく説明する。

作業手順のシステムフロー（図-4）と各項目の解説を以下に記す。

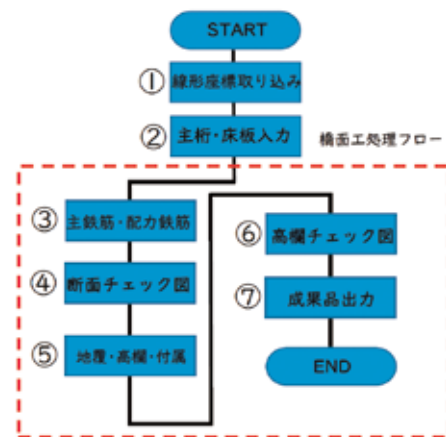


図-4 壁高欄CIMシステムの作業手順

①線形座標の取り込み

基本情報となる道路線形データを線形図またはExcel座標値から取り込む。

②主桁・床版の入力

次に床版・壁高欄の外形を決めるための情報を入力する。なお、NEXCOタイプについては予め用意した初期値を該当する橋梁工事ごとに変更することで効率的に入力が行えるようにした。ここまでは壁高欄・床版CIMシステムとも共通する入力項目である。

③鉄筋の入力

壁高欄の鉄筋に関する情報（配置、径、材質等）を入力する。なお、CIM-SLABでは壁高欄の橋軸方向鉄筋を“横鉄筋”、橋軸直角方向鉄筋を“縦鉄筋”と呼んでいる²⁾。縦鉄筋は複数の鉄筋の組合せで構成され、壁高欄のタイプ（フロリダ型や直壁型）によって異なるため、入力画面に設けたアノテーション機能により色分けした鉄筋の組合せ図とその説明文を同時に表示できるようにした。（図-5、6）

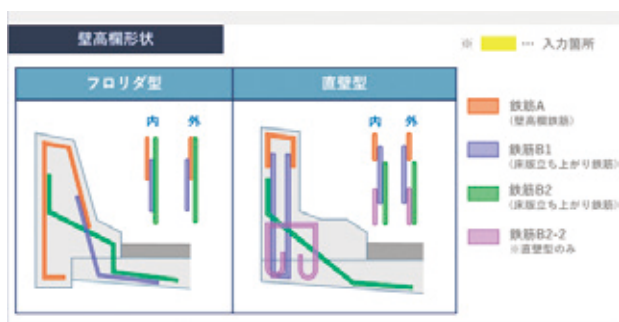


図-5 壁高欄鉄筋のアノテーション機能

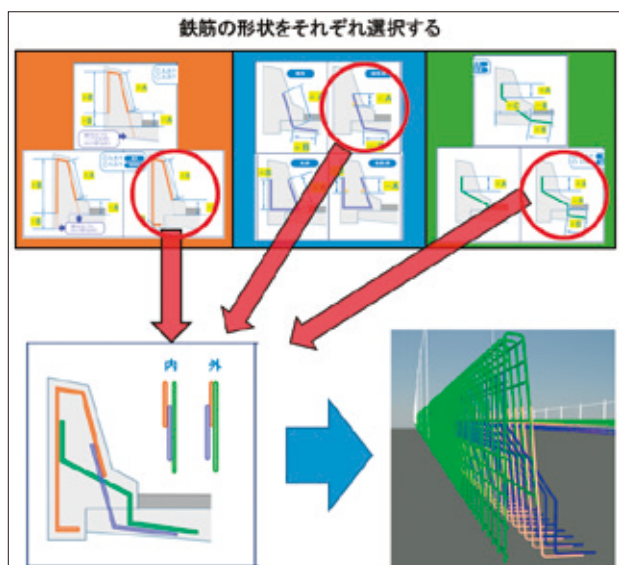


図-6 壁高欄鉄筋の組み合わせ（入力部）

④断面チェック図（入力部）

作業手順③で入力した値の確認やミスを早期に発見するため、図-7のようにチェック図を表示することが可能である。

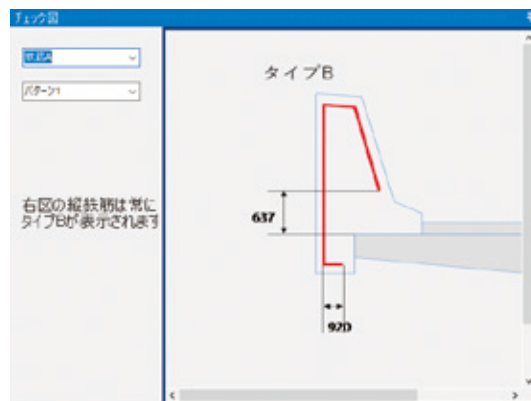


図-7 壁高欄鉄筋のチェック図（入力部）

⑤地覆・高欄・付属の入力

地覆・高欄・付属の鉄筋サイズ、標準ピッチ、目地位置、支柱補強鉄筋等を入力する。

橋面工の幾何形状の入力画面において、伸縮目地、Vカット、アンカー、ハンドホールそれぞれの形状を指定し、サイズを入力することが可能である。それぞれ形状やサイズを入力したモデルは複数作成することが可能であり、後から配置したモデルを選択し、再配置することも可能である。

また、縦鉄筋は標準ピッチを入力することで鉄筋間隔を自動配置する機能を備えている。

⑥高欄チェック図（出力部）

作業手順⑤で入力した値や自動配筋した結果をチェック図として出力することが可能である。これにより、3次元モデルを作成する前に配筋の事前検討ができることや入力チェックを効率的に行うことができる。（図-8）

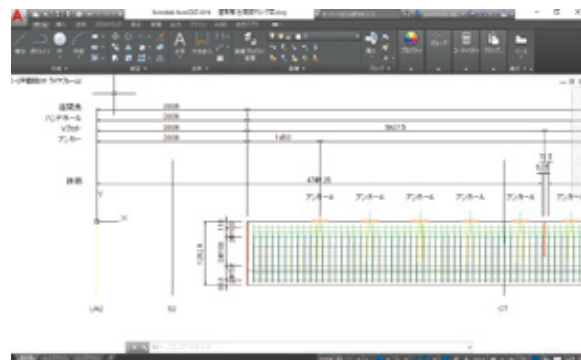


図-8 壁高欄の配筋チェック図（出力部）

⑦成果品出力

システム出力項目としては、前出のチェック図のほか、CIMモデル（図-9）や鉄筋加工図（図-10）、各種の数量算出がある。

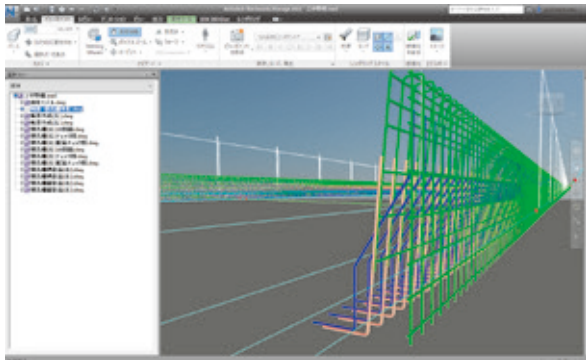


図-9 壁高欄のCIMモデル（出力部）

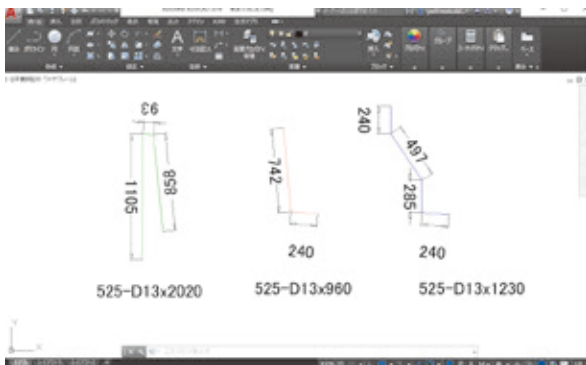


図-10 壁高欄の鉄筋加工図（出力部）

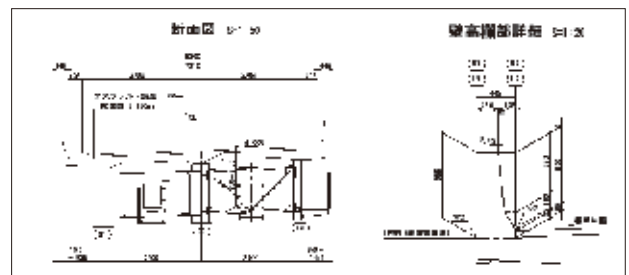
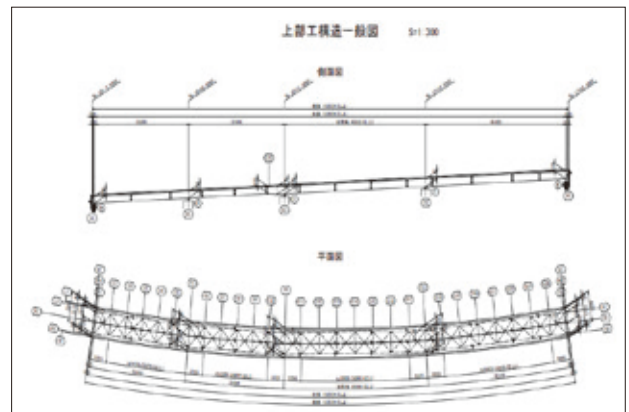


図-11 上部構造一般図と断面図

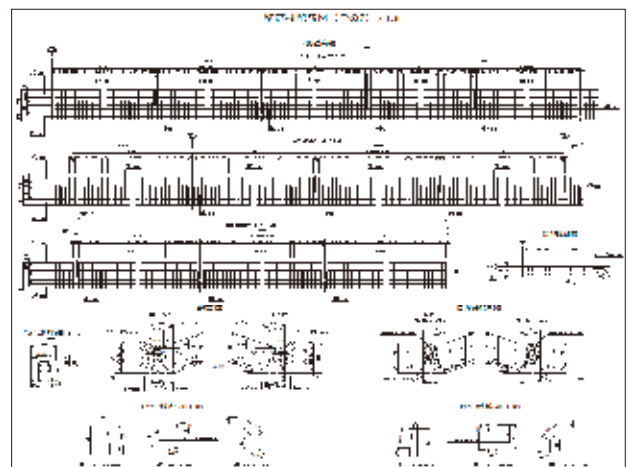


図-12 壁高欄配筋図（発注図）

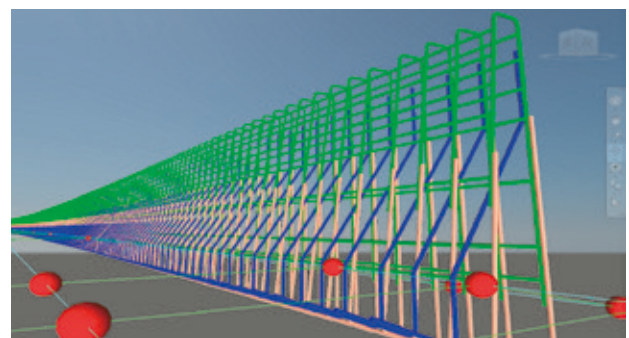


図-13 CIM-SLABで作成した壁高欄のCIMモデル

5. 実橋を用いた検証

(1) 当該橋梁の概要

本システムの一連の機能をチェックするため実工事で検証を行った。該当橋梁は橋長154m、4径間連続3主桁桁橋（図-11）である。

(2) 壁高欄CIMモデルの作成

本工事は設計付きの到来図工事のため、発注図面（図-12）から入力情報を読み取り、4. 項の作業手順に従ってCIMモデルを作成した。本橋の壁高欄には照明柱やハンドホールが設置されないためか、入力からCIMモデル出力（図-13）までの所要時間は約60分と比較的早くスムーズに完了した。ただし、本橋の縦鉄筋タイプは現状のシステムでは想定していない種類であり、この課題のため、システムが保有する類似タイプを用いて作成することになった。従って、モデルの完成度としては7割程度であった。なお、本課題については現在解決していることを補筆しておく。

(3) 橋梁全体のCIMモデル

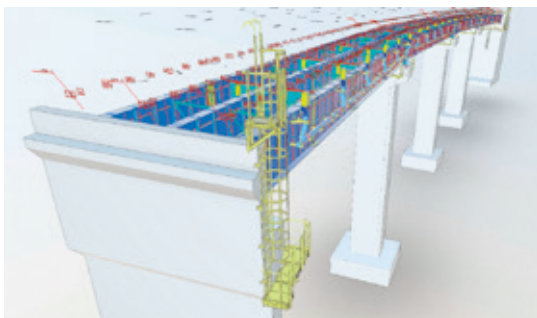
CIM-SLABで作成した壁高欄CIMモデルに、既存システムのClick3DやCIM-GIRDERで作成した上部工や下部工のCIMモデルを合成することにより、**図-14**の橋梁全体のCIMモデルを完成させた。**図-14 (a)** から**図-14 (d)** まで説明を以下に記す。

図-14 (a) : Click3Dで橋台、橋脚、支承部分、梯子、排水装置、下部工および上部工検査路の3次元モデルを作成。

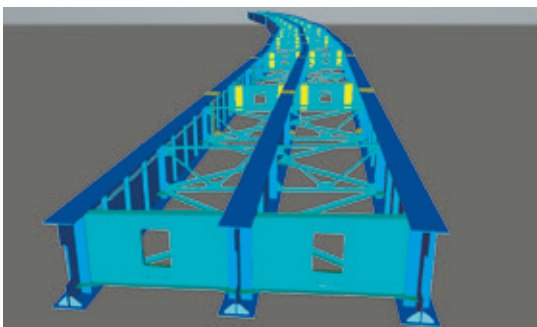
図-14 (b) : CIM-GIRDERで鈹桁や横構、横桁などの上部工のCIMモデルを作成。

図-14 (c) : CIM-SLABで床版、橋面工の外形および壁高欄鉄筋のCIMモデルを作成。

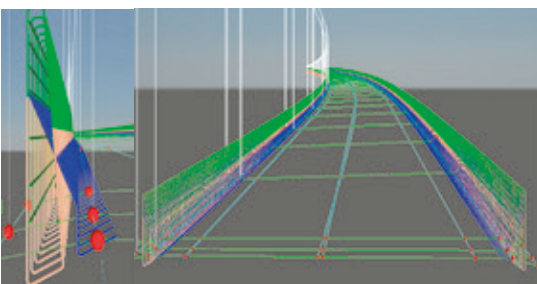
図-14 (d) : 最後に**図-14 (a)** から**図-14 (c)** をパソコン上で一体化した。



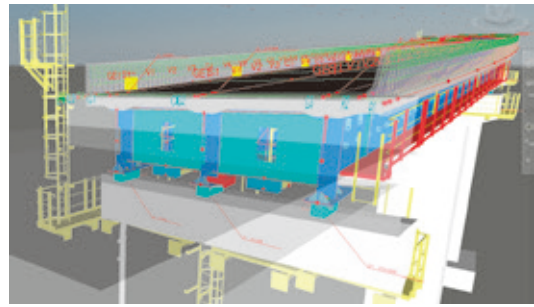
(a) Click3Dで作成した3次元モデル



(b) CIM-GIRDERで作成したCIMモデル



(c) CIM-SLABで作成したCIMモデル



(d) (a) ~ (c) を一体化したCIMモデル
図-14 完成系CIMモデル

(4) 検証の結果

今回の実橋検証より以下のことが判明した。今後の可能性を含め、**表-2**に記載する。なお、到来図工事では、下表に加え、鉄筋加工図の照査が可能であることや鉄筋数量(材料手配等で使用)の照査が容易になることが分かった。

表-2 検証結果(考察)

①入力データが結果として3Dで可視化され分かりやすい
②CIMモデルによる干渉チェックでミス防止となる
③属性付与(色)により径・材質・員数のチェックが容易
④今後、現場出来形検査等での活用が期待できる

6. おわりに

本稿ではCIM-SLAB全体のうち2020年度に完成したSTEP-1の「壁高欄CIMシステム」を中心に述べてきた。引き続き、RC床版や合成床版、PC床版に対応するべく、

STEP-2の「床版CIMシステム」を開発中で、若手とベテランの混成開発チームで試行錯誤を繰り返しながら進めているところである。CIM-SLABが将来、ベテランが持つ経験的な知見と若手技術者の新しい発想とがミックスした新しい「設計基幹システム」になることを夢見て今後も開発を進めていきたいと考えている。

最後に本システムの開発にあたり、共同開発会社であるエム・エムブリッジ株式会社及びオフィスケイワン株式会社の開発チームの皆様へ深く感謝し、紙面を借りて心よりお礼申し上げます。

<参考文献>

- 1) 吉元大介, 中垣内龍二, : i-Constructionの紹介, 宮地技報No.30, pp.92-98, 2017.05.
- 2) 国土交通省近畿地方整備局: 設計便覧 第3編 道路編 第6章 橋梁上部工

2022.1.31 受付